

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

PCT/PTO

01 FEB 2005

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Februar 2004 (12.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/013645 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01R 33/04,
33/06

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/050342

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Juli 2003 (29.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
PCT/CH02/00428 1. August 2002 (01.08.2002) CH
PCT/CH02/00507 16. September 2002 (16.09.2002) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SENTRON AG [CH/CH]; Baarerstr. 73, CH-6300
Zug (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): POPOVIC, Radivoje
[CH/CH]; Chemin de Champagne 21, CH-1025 St-Sulpice
(CH). SCHOTT, Christian [DE/CH]; Avenue du Delay 4,
CH-1110 Morges (CH).

(74) Anwalt: FALK, Urs; Patentanwaltsbureau Dr. Urs Falk,
Eichholzweg 9A, CH-6312 Steinhausen (CH).

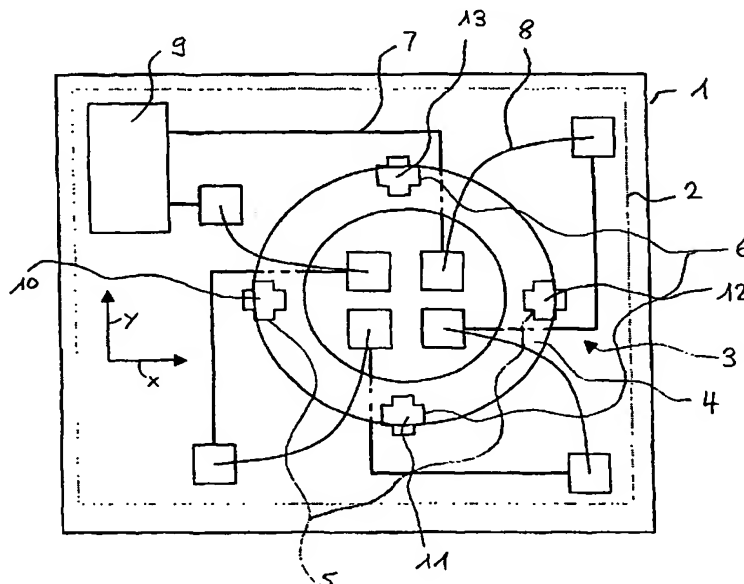
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO,
RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MAGNETIC FIELD SENSOR AND METHOD FOR OPERATING SAID MAGNETIC FIELD SENSOR

(54) Bezeichnung: MAGNETFELDSSENSOR UND VERFAHREN ZUM BETRIEB DES MAGNETFELDSSENSORS



(57) Abstract: Disclosed is a magnetic field sensor for measuring at least one component of a magnetic field, comprising a ferro-magnetic core (4) used as a magnetic field concentrator, an excitation coil (3), and a readout sensor (5). Preferably, the readout sensor (5) is provided with two sensors that are arranged near the outer edge of the ferromagnetic core (4) and measures the at least one component of the magnetic field. The ferromagnetic core (4) is ring-shaped. The excitation coil (3) is temporarily impinged upon by a current when the magnetic field sensor is operated in order to bring the ferromagnetic core (4) into a state of predetermined magnetization.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Ein Magnetfeldsensor für die Messung von wenigstens einer Komponente eines Magnetfeldes umfasst einen ferromagnetischen Kern (4), der als Magnetfeldkonzentrator dient, eine Erregerspule (3) und einen Auslesesensor (5). Der Auslesesensor (5) umfasst vorzugsweise zwei in der Nähe des äusseren Randes des ferromagnetischen Kerns (4) angeordnete Sensoren und misst die wenigstens eine Komponente des Magnetfeldes. Der ferromagnetische Kern (4) ist ringförmig. Beim Betrieb des Magnetfeldsensors wird die Erregerspule (3) temporär mit einem Strom beaufschlagt, um den ferromagnetischen Kern (4) in einen Zustand vorbestimmter Magnetisierung zu bringen.

Magnetfeldsensor und Verfahren zum Betrieb des Magnetfeldsensors

Die Erfindung betrifft einen Magnetfeldsensor und ein Verfahren zum Betrieb eines Magnetfeldsensors der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

Solche Magnetfeldsensoren eignen sich für die Messung von Magnetfeldern, deren Stärke nur wenige nT bis mT beträgt, beispielsweise als Kompass zur Messung der Richtung des Magnetfeldes der Erde.

Ein Magnetfeldsensor der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art ist aus der EP 1 182 461 bekannt. Der Magnetfeldsensor eignet sich für die Bestimmung der Richtung eines zweidimensionalen Magnetfeldes. Der Magnetfeldsensor umfasst einen Magnetfeldkonzentrator mit einer flächigen Form und zwei Sensoren, die mindestens ein Hallelement umfassen, wobei die Hallelemente im Bereich des Randes des Magnetfeldkonzentrators angeordnet sind. Der erste Sensor misst eine erste Komponente des Magnetfeldes und der zweite Sensor misst eine zweite Komponente des Magnetfeldes. Aus den Signalen der beiden Sensoren lässt sich somit die Richtung des Magnetfeldes bestimmen.

Aus der EP 1 052 519 ist ein weiterer Magnetfeldsensor für die Bestimmung der Richtung eines Magnetfeldes bekannt. Der Magnetfeldsensor umfasst einen ferromagnetischen Kern in der Form eines Kreuzes, eine Erregerspule, um den ferromagnetischen Kern periodisch in Sättigung zu bringen, und Auslesespulen. Der Magnetfeldsensor wird als Fluxgate Sensor betrieben. Nachteilig bei einem solchen Sensor ist, dass für die magnetische Sättigung des ferromagnetischen Kerns ein vergleichsweise hoher Strom erforderlich ist. Ein solcher Magnetfeldsensor eignet sich deshalb nicht für Anwendungen mit Batteriebetrieb.

Aus der GB 2315870 ist ein weiterer Magnetfeldsensor für die Bestimmung der Stärke eines Magnetfeldes bekannt. Der Magnetfeldsensor umfasst einen ferromagnetischen Kern in der Form eines Ringes, eine Erregerspule, um den ferromagnetischen Kern periodisch in Sättigung zu bringen und Auslesespulen. Des weiteren umfasst der Sensor in einer Ausführungsform zusätzliche ferromagnetische Kerne, welche als externe Magnetfeldkonzentratoren wirken. Zur Reduzierung einer eventuellen remanenten Magnetisierung dieser zusätzlichen Kerne sind zusätzliche Spulen vorgesehen, welche periodisch mit Strom beaufschlagt werden, um die zusätzlichen Kerne zu entmagnetisieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Magnetfeldsensor zu entwickeln, mit dem sich Magnetfelder, deren Stärke nur wenige nT bis mT beträgt, auch bei elektrischer Speisung durch eine Batterie messen lassen, ohne dass die Batterie häufig gewechselt werden muss.

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 9.

Untersuchungen haben ergeben, dass ein wichtiges Problem darin besteht, dass der als Magnetfeldkonzentrator dienende ferromagnetische Kern durch ein äusseres, beispielsweise temporär auftretendes

magnetisches Störfeld so magnetisiert oder ummagnetisiert werden kann, dass der ferromagnetische Kern zu einem magnetischen Dipol wird, der in den Auslesesensoren ein Signal erzeugt. Die Erfindung schafft hier Abhilfe, indem der ferromagnetische Kern an ausgewählten Zeitpunkten durch Anlegen eines Magnetfeldes in einen Zustand vorbestimmter Magnetisierung gebracht wird. Für die Erzeugung des Magnetfeldes ist eine Spule vorgesehen. Das von dem durch die Spule fliessenden Strom erzeugte Magnetfeld muss so gross sein, dass die durch das Störfeld verursachte Ummagnetisierung des ferromagnetischen Kerns wieder rückgängig gemacht werden kann. Die nötige Stromstärke hängt dabei von der Magnetisierungskurve des ferromagnetischen Kerns ab.

Ein erfindungsgemässer Magnetfeldsensor für die Messung von wenigstens einer Komponente eines Magnetfeldes umfasst einen ringförmigen ferromagnetischen Kern, der als Magnetfeldkonzentrator dient, eine Erregerspule und einen Auslesesensor. Der Auslesesensor umfasst wenigstens einen, vorzugsweise zwei in der Nähe des äusseren Randes des ferromagnetischen Kerns angeordnete Sensoren und misst die wenigstens eine Komponente des Magnetfeldes. Beim Betrieb des Magnetfeldsensors wird die Erregerspule an ausgewählten Zeitpunkten temporär mit einem Strom beaufschlagt, um den ferromagnetischen Kern in einen Zustand vorbestimmter Magnetisierung zu bringen, in dem die Magnetisierung des ferromagnetischen Kerns im Auslesesensor kein Signal erzeugt. Der durch die Erregerspule fliessende Strom muss so gross sein, dass das vom Strom erzeugte Magnetfeld im ferromagnetischen Kern mindestens die durch das Material des ferromagnetischen Kerns vorgegebene Koerzitivfeldstärke erreicht. Bevorzugt wird der Strom so gross gewählt, dass das von ihm erzeugte Magnetfeld zwei bis drei Mal grösser als die Koerzitivfeldstärke ist. Besitzt das Material eine sogenannte harte und eine weiche magnetische Achse, dann muss die grössere Koerzitivfeldstärke der harten magnetischen Achse gewählt werden. Bei diesem Vorgang wird der ringförmige ferromagnetische Kern beispielsweise so magnetisiert, dass die Feldlinien innerhalb des Kerns als geschlossene Feldlinien in tangentialer Richtung verlaufen. Diese Magnetisierung wird als zirkuläre Magnetisierung bezeichnet. Durch diese vorbestimmte Magnetisierung wird das Problem der vorgenannten Restmagnetisierung, welche zu Fehlern führt, gelöst.

Dieser Vorgang, den ferromagnetischen Kern in einen Zustand vorbestimmter Magnetisierung zu bringen, wird bevorzugt vor einer eigentlichen Messung des externen Magnetfeldes durchgeführt. Er kann aber auch periodisch oder zu beliebigen anderen Zeitpunkten durchgeführt werden. Der ferromagnetische Kern ist also mit einer vorbestimmten Magnetisierung magnetisiert und diese vorbestimmte Magnetisierung wird zu bestimmten Zeiten wieder aufgefrischt bzw. wiederhergestellt.

Um den ferromagnetischen Kern in den gewünschten Magnetisierungszustand zu bringen, ist eine gewisse Menge an Magnetisierungsenergie erforderlich. Die notwendige Magnetisierungsenergie ist einerseits proportional zum Volumen V des ferromagnetischen Kerns und andererseits zum Magnetprodukt $B \times H$, das von der Hysteresekurve des verwendeten Materials abhängt. Um ein

möglichst kleines Magnetprodukt zu erhalten, wird als Material für den ferromagnetischen Kern ein weichmagnetischer Werkstoff wie z.B. Vitrovac 6025Z gewählt. Das zu magnetisierende Volumen ist durch die Geometrie des ferromagnetischen Kerns bestimmt. Da hauptsächlich der Durchmesser des ringförmigen ferromagnetischen Kerns die erzielbare magnetische Verstärkung bestimmt, werden die Breite und die Dicke des Ringes möglichst klein gewählt. Für das oben genannte Material Vitrovac 6025Z wird bei einem Ringdurchmesser von 1 mm z.B. eine Breite von 20 µm und eine Höhe von 10 µm gewählt. Die Breite beträgt also nur zwei Prozent des Durchmessers des Ringes. Sinnvoll ist, wenn die Breite und die Höhe des Ringes so klein sind, wie es die verwendete Technologie ermöglicht. Bei der Anwendung anderer Technologien wie z.B. Aufbringen des Kerns auf den Halbleiterchip durch Elektrolyse oder Sputtern kann die Dicke des Kerns bis auf einen Mikrometer oder weniger reduziert werden.

Ein weiterer Vorteil der Verkleinerung des Volumens des Kerns besteht darin, dass der Aufbau der Vormagnetisierung durch ein mittels der Spule erzeugtes Magnetfeld weniger durch im Kern erzeugte Wirbelströme selbst gehemmt wird. Dadurch kann der Strompuls zur Magnetisierung kürzer ausfallen und die insgesamt aufzubringende Energie reduziert werden. Ein derart optimierter Sensor ist auch für Anwendungen mit geringem erlaubten Energieverbrauch, wie z.B. in einer Uhr, geeignet.

Der Magnetfeldsensor kann beispielsweise verwendet werden, um die Stärke eines schwachen Magnetfeldes zu messen, dessen Richtung nicht ändert. Ein solcher Magnetfeldsensor kann auch als Strom- oder Energiesensor verwendet werden, wobei er die Stärke eines von einem stromdurchflossenen Leiter erzeugten Magnetfeldes misst. Der Sensor kann zudem mit einem zweiten Auslesesensor versehen werden, um eine zweite Komponente eines externen Magnetfeldes zu messen. Wenn zwei Komponenten des externen Magnetfeldes gemessen werden, dann kann daraus auch dessen Richtung bestimmt werden. Ein solcher Magnetfeldsensor kann somit auch als Kompass verwendet werden.

Nachfolgend werden drei Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1	in Aufsicht einen Magnetfeldsensor für die Messung von zwei Komponenten eines externen Magnetfeldes, mit einem ringförmigen ferromagnetischen Kern,
Fig. 2	den Magnetfeldsensor und Feldlinien im Querschnitt,
Fig. 3	einen weiteren Magnetfeldsensor,
Fig. 4A, 4B	den ringförmigen Kern in verschiedenen Magnetisierungszuständen,
Fig. 5, 6	den Verlauf magnetischer Feldlinien im ferromagnetischen Kern, und
Fig. 7	einen ringförmigen ferromagnetischen Kern, der in einer bestimmten Art magnetisiert ist.

Ausführungsbeispiel 1

Die Fig. 1 zeigt in Aufsicht einen als Halbleiterchip 1 ausgebildeten Magnetfeldsensor für die Messung

von zwei Komponenten eines externen Magnetfeldes. Als Bezugssystem dient ein kartesisches x, y, z Koordinatensystem, dessen Ursprung in der Figur aus Gründen der zeichnerischen Klarheit ausserhalb des Magnetfeldsensors angeordnet ist, wobei die z -Richtung senkrecht zur Zeichenebene verläuft. Der Magnetfeldsensor umfasst eine elektronische Schaltung 2, eine mit einem Strom beaufschlagbare Erregerspule 3 mit beispielsweise vier Windungen, einen ringförmigen ferromagnetischen Kern 4 und zwei Auslesesensoren 5, 6. Der ferromagnetische Kern 4 erstreckt sich in einer Ebene und definiert somit die Lage der xy -Ebene. Der Auslesesensor 5 dient der Erfassung der x -Komponente des Magnetfeldes, der Auslesesensor 6 dient der Erfassung der y -Komponente des Magnetfeldes. Die Auslesesensoren 5, 6 bestehen vorzugsweise je aus zwei örtlich getrennten, aber elektrisch verbundenen Sensoren. Der Magnetfeldsensor ist in einer Technologie hergestellt, bei der zunächst die elektronische Schaltung 2, Teile der Erregerspule 3 und die Auslesesensoren 5, 6 in einer Standard CMOS Technologie gefertigt und anschliessend der ferromagnetische Kern 4 in einem sogenannten Post-Prozess aufgebracht wurde. Dabei wird ein Band aus amorphem ferromagnetischem Material auf den Wafer mit den Halbleiterschaltungen aufgeklebt und mittels Photolithografie und chemischem Ätzen strukturiert. Nach dem Zersägen des Wafers in die einzelnen Halbleiterchips werden die Windungen der Erregerspule 3 bei der Montage des Halbleiterchips auf ein Substrat entweder durch Drahtbonden (wie gezeigt) oder mittels der Flipchip Technologie vervollständigt. Die elektronische Schaltung 2 dient der Erzeugung des der Erregerspule 3 durchfliessenden Stromes und der Auswertung der von den Auslesesensoren 5, 6 gelieferten Signale.

Bei dem in der Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Erregerspule 3 vier Windungen auf, die teilweise aus Leiterbahnen 7 und teilweise aus Bonddrähten 8 besteht. Die Leiterbahnen 7 verlaufen unterhalb, die Bonddrähte 8 verlaufen oberhalb des ferromagnetischen Kerns 4. Die Bonddrähte 8 verbinden jeweils ein Ende einer Leiterbahn 7 mit einem Ende einer anderen Leiterbahn 7. Eine Schaltung 9 dient zur temporären Beaufschlagung der Erregerspule 3 mit einem Strom $I(t)$, um den ferromagnetischen Kern 4 in einen Zustand vorbestimmter Magnetisierung zu bringen. Die Variable t bezeichnet die Zeit.

Die elektronische Schaltung 2 wird von einer nicht dargestellten Energiequelle, insbesondere einer Batterie, gespeist. Die elektronische Schaltung 2 dient zum Betrieb der Schaltung 9, der Auslesesensoren 5, 6 und zur Auswertung der von den Auslesesensoren 5, 6 gelieferten Signale.

Als Material für den ferromagnetischen Kern 4 dient beispielsweise das unter der Bezeichnung VAC 6025Z erhältliche Band aus amorphem Metall. Dieses Material hat eine Koerzitivfeldstärke $H_C = 3 \text{ mA/cm}$. Um den ferromagnetischen Kern 4 magnetisch in Sättigung zu bringen, sollte der durch die Erregerspule 3 fliessende Strom I ein Magnetfeld H_S erzeugen, das etwa 20 mal grösser als die Koerzitivfeldstärke H_C ist. Wenn der äussere Durchmesser D des ringförmigen ferromagnetischen Kerns 4 $D = 1 \text{ mm}$ und die Zahl n der Windungen der Erregerspule 3 $n = 4$ beträgt, dann erhält man für den Strom gemäss der Gleichung

$$I = 20 \cdot H_C \cdot D \cdot \pi / n \quad (1)$$

$I \cong 4.5 \text{ mA}$. Da der ferromagnetische Kern 4 keinen Luftspalt hat, lässt er sich bereits durch ein kleines Magnetfeld und somit durch einen geringen Strom I magnetisch sättigen.

Der Magnetfeldsensor weist als Auslesesensoren 5 und 6 vorzugsweise vier elektrisch paarweise gekoppelte, sogenannte horizontale Hallelemente 10, 11, 12 und 13 auf, die auf ein Magnetfeld empfindlich sind, das senkrecht zur Oberfläche des Halbleiterchips 1, d.h. in z-Richtung verläuft. Die Hallelemente 10 und 12 sind auf der x-Achse des kartesischen Koordinatensystems angeordnet und bilden den ersten Auslesesensor 5. Die Hallelemente 10 und 12 sind somit an bezüglich einer durch den Mittelpunkt des ferromagnetischen Kerns (4) verlaufenden Symmetrieachse einander diametral gegenüberliegenden Orten angeordnet. Die Hallelemente 11 und 13 sind auf der y-Achse des kartesischen Koordinatensystems angeordnet und bilden den zweiten Auslesesensor 6. Die horizontalen Hallelemente 10 bis 13 sind jeweils unterhalb des ferromagnetischen Kerns 4 angeordnet und zwar in der Nähe seines äusseren Randes. Da die relative Permeabilität μ_r des ferromagnetischen Kerns 4 sehr gross gegenüber der relativen Permeabilität seiner Umgebung ist, treffen die Feldlinien des externen, zu messenden Magnetfeldes annähernd senkrecht auf die Oberfläche des ferromagnetischen Kerns 4 auf bzw. verlassen diesen unter fast senkrechtem Winkel. Die Feldkonzentration ist am grössten im Bereich des äusseren Randes des ferromagnetischen Kerns 4, wo sich die Hallelemente 10 bis 13 befinden. Die Ausgangssignale der beiden Hallelemente 10 und 12 hängen von der Stärke der x-Komponente des externen Magnetfeldes ab, die Ausgangssignale der beiden Hallelemente 11 und 13 von der Stärke der y-Komponente des externen Magnetfeldes.

Die Fig. 2 zeigt die Feldlinien 14 des externen Magnetfeldes, wenn der ferromagnetische Kern 4 durch das von dem durch die Erregerspule 3 (Fig. 1) fliessenden Strom erzeugte Magnetfeld nicht gesättigt ist. Die Feldlinien am Ort der beiden Hallelemente 10 und 12 zeigen in unterschiedliche z-Richtung, da das Magnetfeld am Ort des einen Hallelementes, beispielsweise des Hallelementes 10, in den ferromagnetischen Kern 4 eintritt und am Ort des anderen Hallelementes 12 diesen wieder verlässt. Die beiden Hallelemente 10 und 12 sind elektrisch so zum Auslesesensor 5 (Fig. 1) zusammengeschaltet, dass sich die durch die x-Komponente des externen Magnetfeldes in den Hallelementen 10 und 12 erzeugten Hallspannungen addieren. Eine allfällige vorhandene z-Komponente des externen Magnetfeldes zeigt hingegen bei beiden Hallelementen 10 und 12 in die gleiche z-Richtung und bewirkt deshalb im Auslesesensor 5 kein Ausgangssignal.

Es ist vorteilhaft, die beiden Hallelemente 10 und 12 elektrisch nicht fest zum Auslesesensor 5 zusammenzuschalten, sondern so, dass die Ausgangssignale der beiden Hallelemente 10 und 12 wahlweise addiert oder subtrahiert werden. Somit kann mit dem Auslesesensor 5 entsprechend der momentanen elektrischen Beschaltung der beiden Hallelemente 10 und 12 entweder die x-Komponente oder die z-Komponente des externen Magnetfeldes gemessen werden. Für die Messung der z-

Komponente des Magnetfeldes kann aber auch ein separates Hallelement vorgesehen sein, das sich aber nicht in der Nähe des Randes des ferromagnetischen Kerns 4 befindet, damit weder die x-Komponente noch die y-Komponente des Magnetfeldes zu seiner Hallspannung beiträgt.

Die Auslesesensoren 5 und 6 können aber auch aus nur je einem einzigen Hallelement bestehen, der Auslesesensor 5 beispielsweise aus dem Hallelement 10 und der Auslesesensor 6 aus dem Hallelement 11, wenn die z-Komponente des Magnetfeldes vernachlässigbar klein ist gegenüber den durch den ferromagnetischen Kern 4 verstärkten x- und y-Komponenten des Magnetfeldes. In diesem Fall ist für die Messung der z-Komponente des Magnetfeldes ein separates Hallelement vorzusehen, das sich nicht in der Nähe des Randes des ferromagnetischen Kerns 4 befindet.

Die Erregerspule 3 (Fig. 1) dient dazu, den ferromagnetischen Kern 4 zu gewissen Zeiten in einen Zustand vorbestimmter Magnetisierung zu bringen. Dabei geht es grundsätzlich darum, den ferromagnetischen Kern 4 so zu magnetisieren, dass seine Magnetisierung in den Auslesesensoren 5, 6 kein Signal erzeugt. Eine durch äussere Einwirkung entstandene, zufällige Magnetisierung des ferromagnetischen Kerns 4, die in den Auslesesensoren 5, 6 ein unerwünschtes Signal erzeugt, wird dabei neutralisiert.

Der ferromagnetische Kern 4 wird so magnetisiert, dass das durch seine Magnetisierung erzeugte Magnetfeld in den Auslesesensoren 5, 6 kein Signal erzeugt. D.h. allfällige Komponenten dieses Magnetfeldes verlaufen entweder orthogonal zur Empfindlichkeitsrichtung der Hallelemente 10 bis 13 oder sie verlaufen in den paarweise zu den Auslesesensoren 5, 6 geschalteten Hallelementen 10 und 12 bzw. 11 und 13 in der gleichen z-Richtung, so dass sich die von ihnen erzeugten Hallspannungen kompensieren.

Im folgenden werden nun weitere Massnahmen beschrieben, deren Anwendung zu einer höheren Empfindlichkeit des Magnetfeldsensors und/oder zu einem geringeren Strom- bzw. Energieverbrauch führt.

Wenn die Zahl der Windungen der Erregerspule 3 auf n erhöht wird, dann kann entweder der durch die Erregerspule 3 fliessende Strom um den Faktor n verkleinert oder der Durchmesser D des ringförmigen ferromagnetischen Kerns 4 um den Faktor n vergrössert werden, und man erhält gemäss Gleichung (1) bei der Magnetisierung den gleichen Sättigungsgrad des ferromagnetischen Kerns 4. Eine Vergrösserung des Durchmessers D bewirkt eine Verstärkung der Flusskonzentration, erhöht aber auch den Platzbedarf und damit die Abmessungen des Halbleiterchips 1. Im Hinblick auf das Ziel einer möglichst grossen Miniaturisierung des Magnetfeldsensors resultieren dann optimale Verhältnisse, wenn der Durchmesser D des ferromagnetischen Kerns 4 den Abmessungen des Halbleiterchips 1 angepasst wird, wie sie sich aus dem Platzbedarf für die elektronische Schaltung 2 ergeben, und die Zahl n der Windungen der Erregerspule 3 der Grösse des ferromagnetischen Kerns 4 angepasst wird.

Ausführungsbeispiel 2

Die Fig. 3 zeigt in Aufsicht einen weiteren Magnetfeldsensor mit einem ringförmigen ferromagnetischen Kern 4, bei dem die Erregerspule 3 als Flachspule 15 mit einer spiralförmig verlaufenden Leiterbahn 16 ausgebildet ist, die unterhalb des ferromagnetischen Kerns 4 angeordnet ist. Die Leiterbahn 16 verläuft zwar spiralförmig, aber dennoch annähernd konzentrisch zum ferromagnetischen Kern 4.

Ein erstes Ende 17 der Leiterbahn 16 befindet sich naturgemäss innerhalb, ein zweites Ende 18 der Leiterbahn 16 ausserhalb des ringförmigen ferromagnetischen Kerns 4. Eine in einer zweiten Metallisierungsschicht angeordnete Leiterbahn 19 verbindet das erste Ende 17 mit einem ausserhalb des ringförmigen ferromagnetischen Kerns 4 angeordneten Anschluss 20. (Der ebenfalls eingezeichnete Bonddraht 8 ist beim zweiten Ausführungsbeispiel nicht vorhanden, ist aber wichtig beim dritten Ausführungsbeispiel). Die Leiterbahn 19 befindet sich somit auf der gleichen Seite des ferromagnetischen Kerns 4 wie die Flachspule 15. Obwohl die Leiterbahn 16 der Flachspule 15 spiralförmig verläuft, tragen die in radialer Richtung verlaufenden Anteile der Leiterbahn 16 nicht zu dem durch die Flachspule 15 erzeugten Magnetfeld bei, da der in der Leiterbahn 19 fliessende Strom in entgegengesetzter Richtung zu dem in radialer Richtung durch die Flachspule 15 fliessenden Strom fliesst und diesen somit kompensiert. Das durch die Flachspule 15 erzeugte Magnetfeld entspricht somit einem durch konzentrisch angeordnete Leiterbahnen erzeugten Magnetfeld.

Ausführungsbeispiel 3

Dieses Beispiel entspricht weitgehend dem zweiten Ausführungsbeispiel, aber anstelle der Leiterbahn 19 ist der Bonddraht 8 vorhanden, der das erste Ende 17 der Flachspule 15 mit einem ausserhalb des ringförmigen ferromagnetischen Kerns 4 angeordneten Anschluss 20 verbindet. Da die Flachspule 15 und der Bonddraht 8 den ferromagnetischen Kern 4 auf verschiedenen Seiten queren, nämlich die Flachspule 15 unten und der Bonddraht 8 oben, ergibt sich eine Zusatzspule mit einer einzigen Wicklung, die den Ring des ferromagnetischen Kerns 4 umschliesst und wie eine Erregerspule gemäss dem ersten Ausführungsbeispiel wirkt. Im Gegensatz zum zweiten Ausführungsbeispiel kompensiert der durch den Bonddraht 8 fliessende Strom den in radialer Richtung durch die Flachspule 15 fliessenden Strom nicht. Die Kombination aus Flachspule 15 und Bonddraht 8 stellt eine Erregerspule 3 dar, mit der sich der ferromagnetische Kern 4 auf sehr effiziente Weise in einen Zustand vorbestimmter Magnetisierung bringen lässt, in dem die Magnetisierung des Kerns 4 in den Auslesesensoren 5, 6 kein Signal erzeugt.

Im Folgenden wird für die drei Ausführungsbeispiele mindestens eine erste Methode beschrieben, um den ferromagnetischen Kern 4 in einen Zustand vorbestimmter, nicht verschwindender Magnetisierung zu bringen. Die Methoden werden vorzugsweise durchgeführt, bevor mit dem Magnetfeldsensor eine Messung der x- und y- Komponenten des externen Magnetfeldes durchgeführt wird, es sei denn, das Magnetfeld, das während der Durchführung der Methoden durch den durch die Erregerspule 3 fliessenden Strom temporär erzeugt wird, erzeuge in den Auslesesensoren 5, 6 kein Signal.

Die folgenden Methoden 1.1 und 1.2 betreffen das erste Ausführungsbeispiel und ihre Wirkungen werden für das erste Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei sich die Begriffe und Bezugszeichen auf die dem ersten Ausführungsbeispiel zugeordneten Figuren beziehen.

Methode 1.1

Bei dieser ersten Methode wird die Erregerspule 3 während einer vorbestimmten Zeitdauer mit einem Strom $I(t)$ beaufschlagt, um den ferromagnetischen Kern 4 gleichmässig zu magnetisieren. Das von dem durch die Erregerspule 3 fliessenden Strom $I(t)$ erzeugte Magnetfeld $B(t)$ verläuft entlang konzentrischer, geschlossener Linien im ferromagnetischen Kern 4. Dieses Magnetfeld wird als zirkulares Magnetfeld bezeichnet. Der Strom $I(t)$ ist z.B. ein Gleichstrompuls, dessen Stärke zuerst zunimmt und anschliessend wieder auf Null reduziert wird. Damit eine durch äussere Einwirkung entstandene Magnetisierung vollständig neutralisiert werden kann, wird der Gleichstrom $I(t)$ vorzugsweise soweit erhöht, bis der ferromagnetische Kern 4 magnetisch in Sättigung oder annähernd in Sättigung ist, und anschliessend wieder auf Null reduziert. Das Maximum des Gleichstroms $I(t)$ erzeugt im ferromagnetischen Kern 4 ein Magnetfeld, dessen Magnetfeldstärke grösser, vorzugsweise zwei bis dreimal grösser, als die Koerzitivfeldstärke H_c des Materials des ferromagnetischen Kerns 4 ist. Das Maximum des Gleichstroms $I(t)$ soll so gross gewählt werden, dass eine durch ein Störfeld verursachte Ummagnetisierung des ferromagnetischen Kerns 4 neutralisiert werden kann. Die nötige Stromstärke hängt dabei von der Magnetisierungskurve des ferromagnetischen Kerns 4 ab. Auf diese Weise wird der ferromagnetische Kern 4 magnetisiert, wobei seine Magnetisierung in etwa der Remanenz des ferromagnetischen Materials entspricht. Die ringförmige Struktur des ferromagnetischen Kerns 4 des ersten Ausführungsbeispiels bietet den Vorteil, dass sich die Feldlinien des durch seine Magnetisierung erzeugten Magnetfeldes innerhalb des ferromagnetischen Kerns 4 schliessen. Das durch die Magnetisierung ausserhalb des ferromagnetischen Kerns 4 erzeugte Magnetfeld verläuft orthogonal zur Empfindlichkeitsrichtung der Hallelemente 10 - 13 und erzeugt somit keine Hallspannung.

Die Fig. 4A zeigt mit gestrichelter Linie den Verlauf der Feldlinien, nachdem der ringförmige Kern 4 durch ein äusseres magnetisches Störfeld magnetisiert worden ist. Pfeile deuten die Richtung des Feldes an. Der ringförmige Kern 4 wirkt als magnetischer Dipol und erzeugt in den Auslesesensoren 5 und 6 ein unerwünschtes Signal. Die Fig. 4B zeigt den Verlauf der Feldlinien, nachdem der ringförmige Kern 4 mittels der vorgängig beschriebenen Methode ummagnetisiert wurde. Die Feldlinien verlaufen jetzt geschlossen innerhalb des Kerns 4. Die Stärke der Magnetisierung entspricht typischerweise der Remanenz des Materials des Kerns 4.

Diese erste Methode kann vor jeder Messung des externen Magnetfeldes oder auch nur gelegentlich durchgeführt werden.

Methode 2.1

Diese zweite Methode wird bei jeder Messung des externen Magnetfeldes durchgeführt. Eine Messung besteht aus zwei Einzelmessungen. Die Messung erfolgt gemäss den folgenden Schritten:

- a) Die Erregerspule 3 wird mit einem Gleichstrompuls $I(t)$ beaufschlagt, wobei der Strom in einer ersten Richtung durch die Erregerspule 3 fliesst.
- b) Die Ausgangssignale der Auslesesensoren 5 und 6 werden ausgelesen.
- c) Die Erregerspule 3 wird mit einem Gleichstrompuls $I(t)$ beaufschlagt, wobei der Strom in der zur ersten Richtung entgegengesetzten Richtung durch die Erregerspule 3 fliesst.
- d) Die Ausgangssignale der Auslesesensoren 5 und 6 werden ausgelesen.
- e) Die in den Schritten b und d gemessenen Ausgangssignale des Auslesesensors 5 werden addiert und die gemessenen Ausgangssignale des Auslesesensors 6 werden addiert.

Mit dieser Methode kann der Einfluss allfälliger im Bereich der Hallelemente 10 bis 13 lokal auftretender Streuflüsse, die durch Inhomogenitäten des Materials des ferromagnetischen Kerns 4 bedingt sind, reduziert werden, da die Streuflüsse bei der ersten Einzelmessung einen positiven Beitrag zu den Ausgangssignalen und bei der zweiten Einzelmessung einen negativen Beitrag zu den Ausgangssignalen bilden, die sich bei der Summenbildung im Schritt e aufheben.

Die Methoden 1.2 und 2.2 betreffen das zweite Ausführungsbeispiel und ihre Wirkungen werden für das zweite Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei sich die Begriffe und Bezugszeichen auf die dem zweiten Ausführungsbeispiel zugeordneten Figuren beziehen.

Methode 1.2

Bei dieser Methode wird die Erregerspule 3 für eine vorbestimmte Zeitdauer mit einem Gleichstrom $I(t)$ beaufschlagt. Der in der Flachspule 15 fließende Gleichstrom $I(t)$ bewirkt eine Magnetisierung des ferromagnetischen Kerns 4 in radialer Richtung. Der Verlauf der Feldlinien der Magnetisierung ist in der Fig. 5, die einen Schnitt in der z-Ebene darstellt, mit Pfeilen 21 dargestellt. Mit der Flachspule 15 kann der ferromagnetische Kern 4 auf effiziente Weise magnetisiert werden. Bei dieser Magnetisierung schliessen sich die Feldlinien nicht innerhalb des ferromagnetischen Kerns 4. Die radiale Magnetisierung erzeugt ausserhalb des ferromagnetischen Kerns 4 ein nicht verschwindendes Magnetfeld. Dieses Magnetfeld ist aber symmetrisch zur Symmetrieachse des ferromagnetischen Kerns 4. Die Feldlinien dieses Magnetfeldes verlaufen bei allen Hallelementen 10 - 13 in der gleichen Richtung und erzeugen somit in allen Hallelementen 10 - 13 die gleiche Hallspannung. Weil die Auslesesensoren 5, 6 aus je 2 gegensinnig gekoppelten Hallelementen bestehen, liefern diese Hallspannungen keinen Beitrag zu den Ausgangssignalen der Auslesesensoren 5, 6.

Methode 2.2

Bei dieser Methode wird die Erregerspule 3 mit einem Wechselstrom beaufschlagt. Die Flachspule 15

und der elektrisch leitende ferromagnetische Kern 4 wirken wie ein Transformator, wobei die Flachspule 15 die Primärwicklung mit N Windungen und der Transformator die Sekundärwicklung mit einer einzigen Windung bildet. Bei idealer Kopplung ist daher der im ferromagnetischen Kern 4 induzierte Wechselstrom N mal grösser als der durch die Flachspule 15 fließende Wechselstrom. Der im ferromagnetischen Kern 4 induzierte Wechselstrom bewirkt eine wechselnde Magnetisierung des Kerns 4, deren Feldlinien den in der Fig. 6 dargestellten Verlauf nehmen. Diese Feldlinien schliessen sich innerhalb des ferromagnetischen Kerns 4.

Die Methoden 1.3 und 2.3 betreffen das dritte Ausführungsbeispiel und ihre Wirkungen werden für das dritte Ausführungsbeispiel beschrieben, wobei sich die Begriffe und Bezugszeichen auf die dem dritten Ausführungsbeispiel zugeordneten Figuren beziehen. Der durch die Zusatzspule fließende Strom erzeugt im ferromagnetischen Kern 4 ein zirkulares Magnetfeld, das sich dem durch die Flachspule 15 gebildeten Magnetfeld überlagert. Die Wirkung, die sich daraus ergibt, hängt davon ab, ob die durch die Flachspule 15 und den Bonddraht 8 gebildete Erregerspule 3 mit einem Gleichstrom oder mit einem Wechselstrom beaufschlagt wird.

Methode 1.3

Die Erregerspule 3 wird mit einem Gleichstrom beaufschlagt (wie bei den Methoden 1.1 und 2.1). Dank der Flachspule 15 wird der ferromagnetische Kern 4 wie bei der Methode 1.2 des zweiten Ausführungsbeispiels auf effiziente Weise magnetisiert. Die Zusatzspule bewirkt im ferromagnetischen Kern 4 zusätzlich ein zirkulares Magnetfeld, wie beim ersten Ausführungsbeispiel. Die resultierende Magnetisierung des ferromagnetischen Kerns 4 ist nun nicht mehr radial, sondern besitzt zusätzlich eine tangentielle Komponente. Dieser Magnetisierungszustand ist in der Fig. 7 gezeigt. Die Fig. 7 zeigt den ferromagnetischen Kern 4 in Aufsicht. Die lokale Richtung der Magnetisierung ist durch Pfeile 21 dargestellt. Wenn der Gleichstrom abgeschaltet wird, dann dreht sich die Magnetisierung in den einzelnen magnetischen Domänen des ferromagnetischen Kerns 4 in tangentielle Richtung, so dass sich die magnetischen Feldlinien schliessen. Beim Abschalten des Gleichstroms stellt sich somit automatisch eine zirkulare Magnetisierung des ferromagnetischen Kerns 4 ein, die wie bereits früher erwähnt den Vorteil hat, dass ihr Magnetfeld in den Auslesesensoren 5, 6 kein Signal erzeugt.

Für die Zusatzspule können anstelle der einzigen durch den Bonddraht 8 realisierten Wicklung auch mehrere Wicklungen vorgesehen sein, die wie beim ersten Ausführungsbeispiel durch Leiterbahnen und Bonddrähte realisiert sind. Die Zahl der Windungen der Flachspule 15 und die Zahl der Wicklungen der Zusatzspule sind so aufeinander abzustimmen, dass die zirkulare Magnetisierung mit minimalen Energieaufwand erzielt werden kann.

Methode 2.3

Wenn die Erregerspule 3 mit einem Wechselstrom mit konstanter Amplitude beaufschlagt wird, dann

richten sich die magnetischen Domänen innerhalb des ferromagnetischen Kerns 4 schraubenförmig aus. Wird der Wechselstrom ausgeschaltet, so drehen sich die magnetischen Domänen von selbst, damit sich die Feldlinien des von ihnen erzeugten Magnetfeldes schliessen können. Somit kann wie bei der Methode 1.3 eine zirkulare Magnetisierung des ferromagnetischen Kerns 4 erreicht werden.

Bei den beschriebenen Ausführungsbeispielen wurden als Sensoren zur Messung des externen Magnetfeldes horizontale Hallelemente 10 - 13 verwendet. Es ist aber auch möglich, anstelle der horizontalen Hallelemente 10 - 13 sogenannte vertikale Hallelemente zu verwenden, die empfindlich sind auf ein Magnetfeld, das parallel zu ihrer Oberfläche verläuft. Aus der Fig. 2 ergibt sich, dass die vertikalen Hallelemente nicht am äusseren Rand unterhalb des ferromagnetischen Kerns 4, sondern etwas ausserhalb des ferromagnetischen Kerns 4 angeordnet werden müssen, wo die Feldlinien annähernd waagrecht verlaufen. Des Weiteren können anstelle der Hallelemente auch magnetoresistive Sensoren oder Magnetotransistoren verwendet werden. Allerdings muss dann geprüft werden, ob die im ferromagnetischen Kern 4 erzeugte Magnetisierung auf einen solchen Sensor den gleichen Einfluss hat wie auf ein horizontales Hallelement.

PATENTANSPRÜCHE

1. Magnetfeldsensor für die Messung von wenigstens einer Komponente eines Magnetfeldes, mit einem auf einem Halbleiterchip (1) aufgebrachten ringförmigen ferromagnetischen Kern (4), der eine Ebene mit der wenigstens einen zu messenden Komponente des Magnetfeldes aufspannt und als Magnetfeldkonzentrator dient, und mit einem Auslesesensor (5), wobei der Auslesesensor (5) mindestens einen in der Nähe des äusseren Randes des ferromagnetischen Kerns (4) angeordneten, in den Halbleiterchip (1) integrierten Sensor umfasst und die wenigstens eine Komponente des Magnetfeldes misst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der ferromagnetische Kern (4) mit einer vorbestimmten Magnetisierung magnetisiert ist und dass eine Erregerspule (3) und eine elektronische Schaltung (9) für die temporäre Beaufschlagung der Erregerspule (3) mit einem Strom zur Wiederherstellung der vorbestimmten Magnetisierung im ferromagnetischen Kern (4) vorhanden sind.
2. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der ferromagnetische Kern (4) zirkular magnetisiert ist.
3. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erregerspule (3) mindestens eine Wicklung umfasst, die den Ring des ferromagnetischen Kerns (4) umschliesst.
4. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der ferromagnetische Kern (4) radial magnetisiert ist.
5. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erregerspule (3) eine Flachspule umfasst, deren Windungen spiralförmig unterhalb des ferromagnetischen Kerns (4) verlaufen.
6. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Sensor, der den Auslesesensor (5) bildet, ein Hallelement (10) ist.
7. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Auslesesensor (5) zwei Hallelemente (10, 12) umfasst, die an bezüglich einer Symmetrieachse des ferromagnetischen Kerns (4) einander diametral gegenüberliegenden Orten angeordnet sind.
8. Magnetfeldsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite des Ringes des ferromagnetischen Kerns (4) weniger als fünf Prozent des Durchmessers des ferromagnetischen Kerns (4) beträgt und dass die Höhe des Ringes des ferromagnetischen Kerns (4) weniger als fünf Prozent des Durchmessers des ferromagnetischen Kerns (4) beträgt.
9. Verfahren zum Betrieb eines Magnetfeldsensors für die Messung von wenigstens einer Komponente eines Magnetfeldes, wobei der Magnetfeldsensor einen auf einem Halbleiterchip (1) aufgebrachten ringförmigen ferromagnetischen Kern (4), der eine Ebene mit der wenigstens einen zu messenden

Komponente des Magnetfeldes aufspannt und als Magnetfeldkonzentrator dient, sowie einen Auslesesensor (5) umfasst, wobei der Auslesesensor (5) mindestens einen in der Nähe des äusseren Randes des ferromagnetischen Kerns (4), in den Halbleiterchip (1) integrierten angeordneten Sensor umfasst und die wenigstens eine Komponente des Magnetfeldes misst, **dadurch gekennzeichnet, dass** der ferromagnetische Kern (4) durch temporäre Beaufschlagung einer Erregerspule (3) mit einem Strom zu gewissen Zeitpunkten magnetisiert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erregerspule (3) mit einem Gleichstrompuls beaufschlagt wird, um den ferromagnetischen Kern (4) zu magnetisieren, wobei das Maximum des Gleichstrompulses ein Magnetfeld erzeugt, das grösser als die Koerzitivfeldstärke des Materials des ferromagnetischen Kerns (4) ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- a) Beaufschlagung der Erregerspule (3) mit einem Gleichstrompuls, wobei der Strom in einer ersten Richtung durch die Erregerspule (3) fliesst;
- b) Auslesen des Ausgangssignals des Auslesesensors (5);
- c) Beaufschlagung der Erregerspule (3) mit einem Gleichstrompuls, wobei der Strom in der zur ersten Richtung entgegengesetzten Richtung durch die Erregerspule (3) fliesst;
- d) Auslesen des Ausgangssignals des Auslesesensors (5);
- e) Summation der in den Schritten b und d gemessenen Ausgangssignale des Auslesesensors (5).

Fig. 1

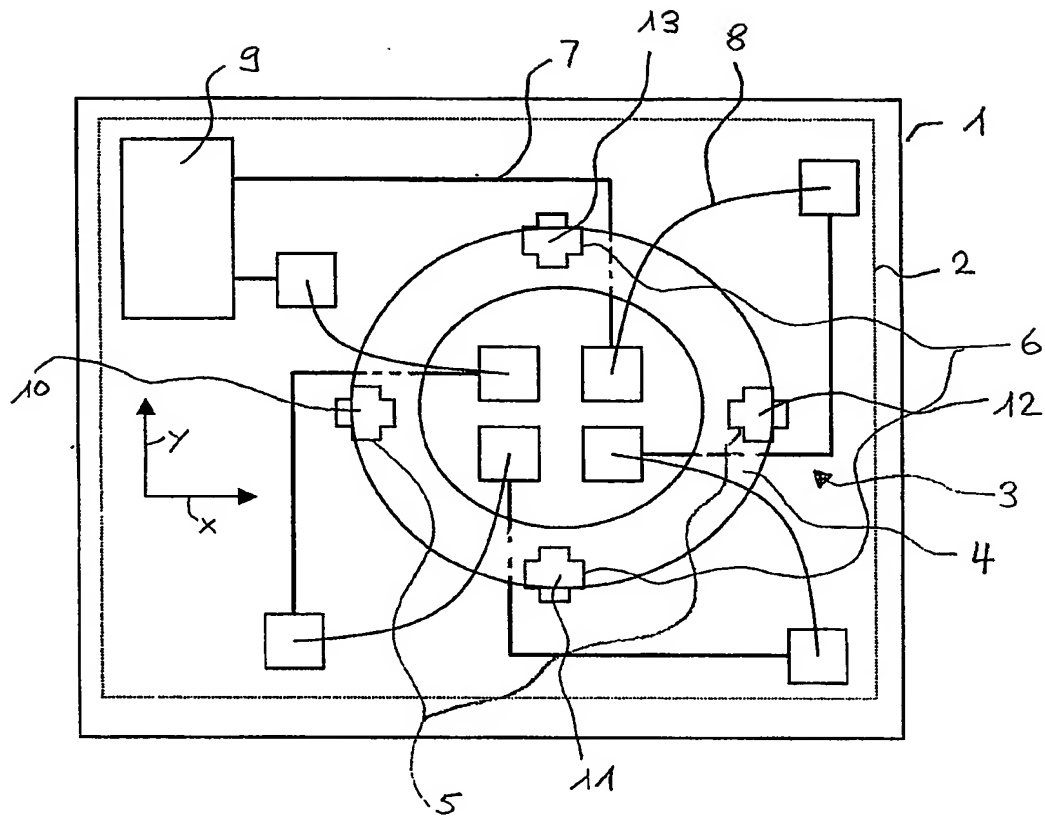


Fig. 2

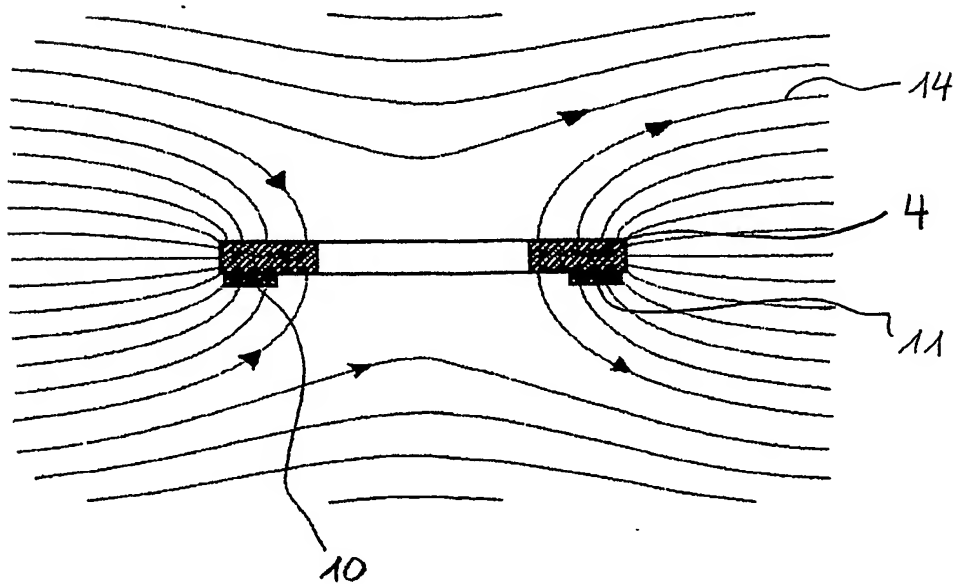


Fig. 3

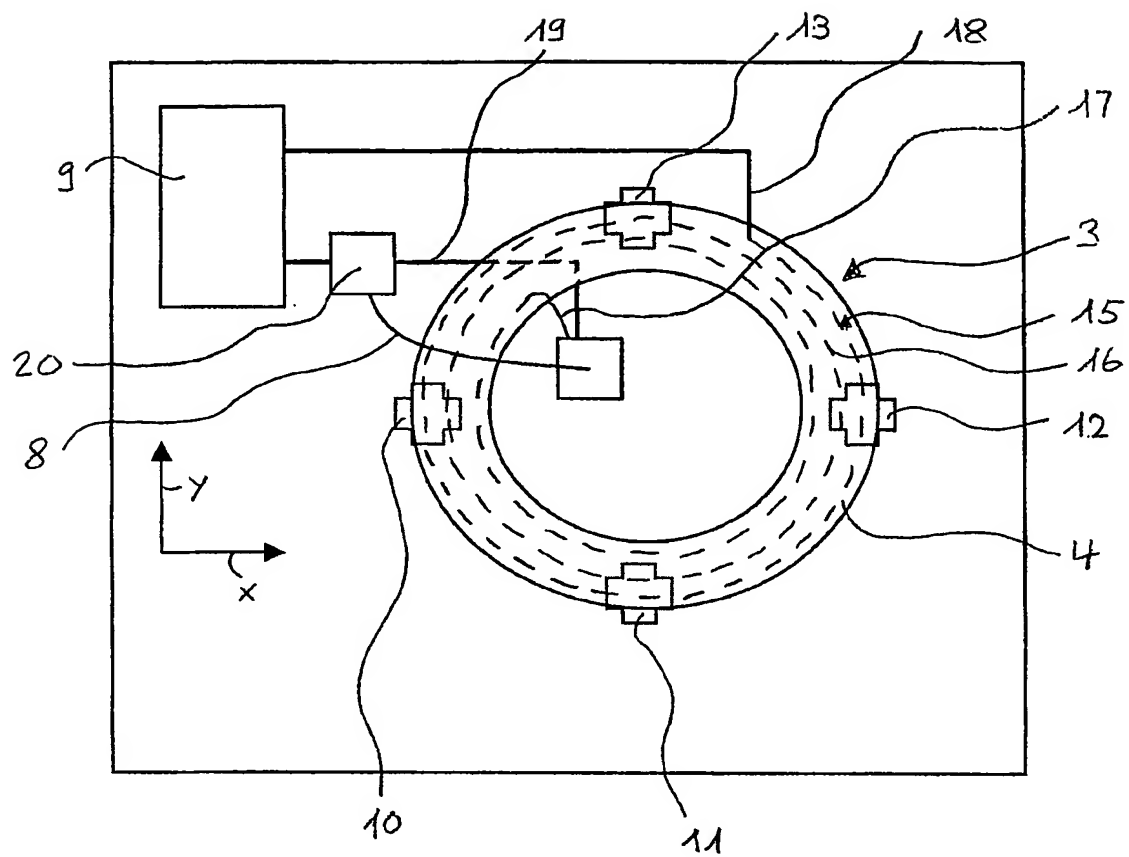


Fig. 4A

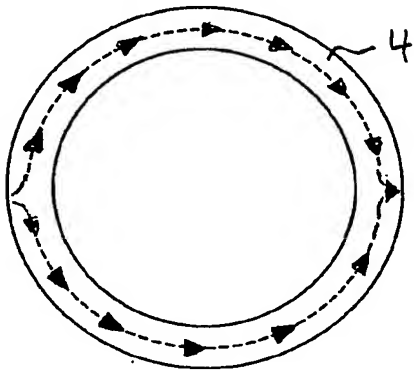


Fig. 4B

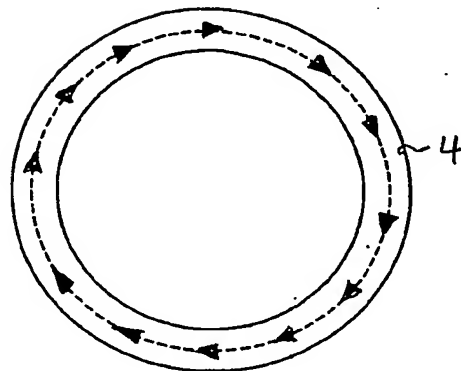


Fig. 5

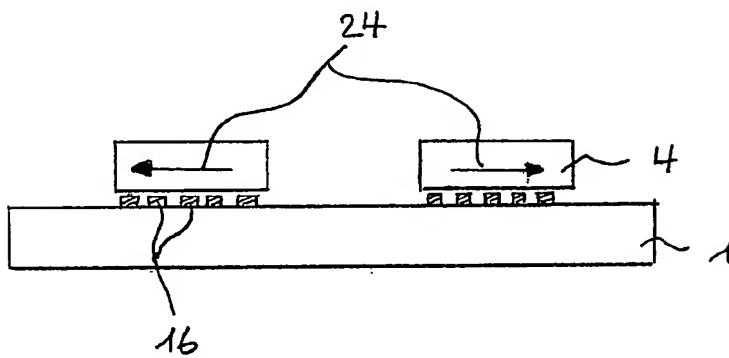


Fig. 6

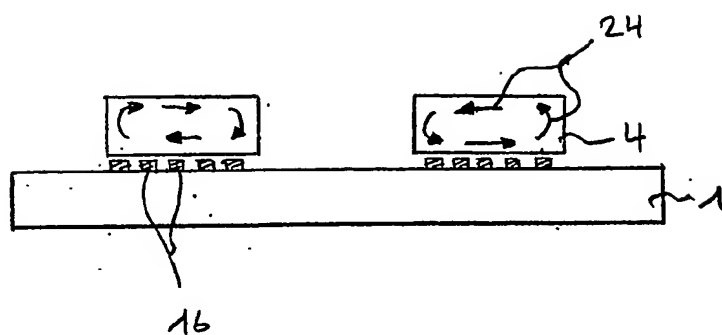
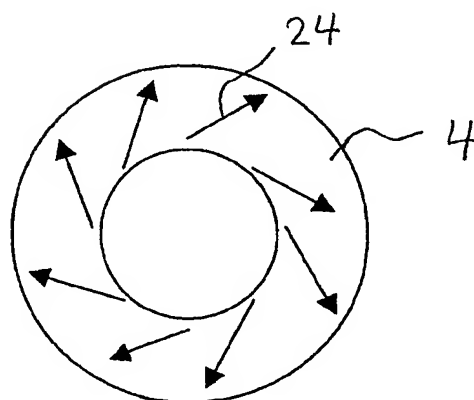


Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 03/50342

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01R33/04 G01R33/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	WO 02 097463 A (RACZ ROBERT ; SENTRON AG (CH); POPOVIC RADIVOJE (CH); SCHOTT CHRIST) 5 December 2002 (2002-12-05) abstract; figures page 3, line 10 - line 35	1-11
Y	US 4 692 703 A (EXTANCE PHILIP ET AL) 8 September 1987 (1987-09-08) abstract; figures 2,5 column 3, line 59 - line 61 column 4, line 47 - line 52	1-11
Y	EP 1 182 461 A (SETRON AG) 27 February 2002 (2002-02-27) cited in the application abstract; figures ---	1-11
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 November 2003

Date of mailing of the international search report

25/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo.nl
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fritz, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/50342

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 315 870 A (ULTRA ELECTRONICS LTD) 11 February 1998 (1998-02-11) abstract; claim 19; figure 8 page 4, last paragraph page 8; paragraph 2 -page 9, paragraph 1 -----	1,9
A	US 3 638 074 A (INOUE GEORGE T) 25 January 1972 (1972-01-25) abstract; figure 2 -----	1,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/50342

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02097463	A	05-12-2002	EP 1260825 A1 WO 02097463 A2	27-11-2002 05-12-2002
US 4692703	A	08-09-1987	GB 2154744 A AU 3849085 A EP 0157470 A2 JP 60194379 A NO 850682 A	11-09-1985 29-08-1985 09-10-1985 02-10-1985 26-08-1985
EP 1182461	A	27-02-2002	BR 0103428 A CA 2355682 A1 CN 1343889 A EP 1182461 A2 JP 2002071381 A US 2002021124 A1	26-03-2002 21-02-2002 10-04-2002 27-02-2002 08-03-2002 21-02-2002
GB 2315870	A	11-02-1998	NONE	
US 3638074	A	25-01-1972	NONE	

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/50342

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01R33/04 G01R33/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X,P	WO 02 097463 A (RACZ ROBERT ; SENTRON AG (CH); POPOVIC RADIVOJE (CH); SCHOTT CHRIST) 5. Dezember 2002 (2002-12-05) Zusammenfassung; Abbildungen Seite 3, Zeile 10 - Zeile 35	1-11
Y	US 4 692 703 A (EXTANCE PHILIP ET AL) 8. September 1987 (1987-09-08) Zusammenfassung; Abbildungen 2,5 Spalte 3, Zeile 59 - Zeile 61 Spalte 4, Zeile 47 - Zeile 52	1-11
Y	EP 1 182 461 A (SENTRON AG) 27. Februar 2002 (2002-02-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen	1-11
-/--		



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. November 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/11/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fritz, S

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GB 2 315 870 A (ULTRA ELECTRONICS LTD) 11. Februar 1998 (1998-02-11) Zusammenfassung; Anspruch 19; Abbildung 8 Seite 4, letzter Absatz Seite 8, Absatz 2 -Seite 9, Absatz 1 -----	1,9
A	US 3 638 074 A (INOUE GEORGE T) 25. Januar 1972 (1972-01-25) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1,9

INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/50342

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 02097463	A	05-12-2002	EP 1260825 A1	27-11-2002
			WO 02097463 A2	05-12-2002
US 4692703	A	08-09-1987	GB 2154744 A	11-09-1985
			AU 3849085 A	29-08-1985
			EP 0157470 A2	09-10-1985
			JP 60194379 A	02-10-1985
			NO 850682 A	26-08-1985
EP 1182461	A	27-02-2002	BR 0103428 A	26-03-2002
			CA 2355682 A1	21-02-2002
			CN 1343889 A	10-04-2002
			EP 1182461 A2	27-02-2002
			JP 2002071381 A	08-03-2002
			US 2002021124 A1	21-02-2002
GB 2315870	A	11-02-1998	KEINE	
US 3638074	A	25-01-1972	KEINE	